

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Tuotantojohtaminen

2014

Tomi Rauhala

# KOSTEUDENHALLINTA

– Skanska Talonrakennus Oy:n Varsinais-Suomen työmaiden tilanne ja kehitys



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tomi Rauhala

# KOSTEUDENHALLINTA - SKANSKA TALONRAKENNUS OY:N VARSINAIS- SUOMEN TYÖMAIDEN TILANNE JA KEHITYS

Opinnäytetyön tavoitteena on kuvata kosteudenhallintaprosessin kulkua ja siihen liittyviä asioita ja ilmiöitä sekä tutkia ja kehittää kosteudenhallinnan tasoa Skanska Talonrakennus Oy:n Varsinais-Suomen työmailla.

Kosteus ja siihen liittyvät ilmiöt sekä toimiva kosteudenhallinta ovat työmaan tärkeimpiä laadullisista ongelmia kohtia. On erittäin tärkeää, että työmaan henkilöstö tuntee kosteuden siirtymisen periaatteet sekä kosteudenhallintaprosessin kulun. Tässä opinnäytetyössä on käyty läpi kosteuden siirtyminen rakenteissa, materiaalien kosteuskäyttäytyminen ja kosteusmittaus sekä kosteudenhallintaprosessin kulku projektin aikana.

Opinnäytetyössä tutkittiin Skanska Talonrakennus Oy:n Varsinais-Suomen työmaiden kosteudenhallinnan tasoa, ja siitä saadun palautteen pohjalta lähdettiin luomaan kehitysideoita tilanteen parantamiseksi.

Tutkimuksen perusteelta saatiin luotua potentiaalisia kehitysehdotuksia, joita ryhdyttiin jatkojalostamaan ja toteuttamaan.

## ASIASANAT:

Kosteus, kosteudenhallinta, kosteusmittaus, laadunhallinta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production Management (Bachelor of Engineering)

2014 | 41

Maarit Järvinen, senior lecturer

Tomi Rauhala

# MOISTURE MANAGEMENT - SITUATION ON SKANSKA TALONRAKENNUS PLC CONSTRUCTION SITES AND DEVELOPMENT

The goal of this thesis was to describe the process of moisture management, give information about moisture and moisture exchange in different building materials and structures. This thesis also surveys the current state of moisture management on Skanska Talonrakennus PLC's construction sites and possible improvements.

Moisture management and moisture related phenomena are one of the most significant problem areas for quality control. Problems due to poor moisture management have been increasing in the last couple of years and it is important to increase awareness of these phenomena in the construction community. This thesis discusses the moisture management process during different phases of construction. It also provides information of different types of moisture measurements.

Based on the survey of Skanska Talonrakennus PLC's different construction sites, a few improvements were suggested to the company's systems.

## KEYWORDS:

moisture, moisture management, moisture measuring, quality control

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 KOSTEUS JA SIIHEN LIITTYVÄT ILMIÖT</b>	<b>7</b>
2.1 Konvektio	9
2.2 Diffuusio	11
2.3 Kondensoituminen	12
2.4 Kapillaarisuus	13
2.5 Hygroskooppisuus ja sorptio	14
<b>3 MATERIAALIEN KOSTEUSKÄYTTÄYTYMINEN JA KOSTEUSMITTAUS</b>	<b>16</b>
3.1 Kosteusmittausmenetelmät	16
3.1.1 Pintakosteusmittaus	16
3.1.2 Piikkimittaus	17
3.1.3 Suhteellisen kosteuden mittaus	18
3.1.4 Koepalamenetelmät	21
3.2 Materiaalien kosteuskäyttäytyminen	23
3.2.1 Betoni	24
3.2.2 Puu	26
3.2.3 Mineraalivilla	27
<b>4 KOSTEUDENHALLINTA</b>	<b>29</b>
4.1 Rakennuttaminen ja kosteudenhallinta	30
4.2 Suunnittelu ja kosteudenhallinta	33
4.3 Rakentamisvaihe ja kosteudenhallinta	35
<b>5 KOSTEUDENHALLINTA SKANSKA OY:SSÄ</b>	<b>37</b>
5.1 Kosteudenhallinnan lähtökohdat yrityksessä	37
5.2 Työmaakatselmukset	37
5.3 Työmaakatselmusten tulokset	38
5.4 Kehitysideat	39
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>41</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>42</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Työmaan kyselylomake  
Liite 2. Työmaakyselyn vastaukset

## KUVAT

Kuva 1. Luonnollinen konvektio ulkoseinässä	9
Kuva 2. Pakotettu konvektio ulkoseinässä	10
Kuva 3. Sorptiokäyrä	14
Kuva 4. Eri aineiden sorptiokäyriä	15
Kuva 7. Pintamittarin toiminta	17
Kuva 8. Piikkimittarin toimintaperiaate	18
Kuva 9. Porareikämittauksen tulosten lukeminen laitteesta	20
Kuva 10. Näytepalamittaus	21
Kuva 5. Homeindeksiluokitus.	23
Kuva 6. Joidenkin materiaalien pinnan homehtuminen 98 – 100 % RH:ssa ja 20°C lämpötilassa, tässä tutkimuksessa	24
Kuva 11. Hankkeen aloitusajankohta ja rakentamisen toteutustapa määrittää kosteudelle alttiiden rakennusvaiheiden ajoittumisen	32

# 1 JOHDANTO

Kosteudenhallinta ja sen puutteesta johtuneet ongelmat ovat aiheuttaneet voimakasta keskustelua viimeisen kahden vuoden aikana rakennusosalalla ja yleisessä mediassa. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat ovat rakentamisen ja kiinteistönpidon suurimpia laatuongelmia, ja ongelmat ovat erityisen vakavia, koska ne eivät ole vain teknisiä ja taloudellisia, vaan voivat olla myös ihmisten terveydelle vaarallisia (RIL 250-2011, 3).

Yleisen huomion kasvaessa rakentamisen kosteudenhallintaan on rakennusyritystenkin toimintatapoihin tullut muutoksia. Enää ei ole järkevää pitää rakennusta eristeet paljaana talvella, vaan mahdollisuuksien mukaan suojata rakennus mahdollisimman hyvin. Kilpailun kasvaessa hyvän ja laadukkaan rakentajan maine on kultaakin kalliimpi.

Tämän opinnäytetyön idea lähti Skanska Talonrakennuksen toiveesta saada selvitystä Varsinais-Suomen työmaiden kosteudenhallinnan tasosta. Lisäksi tulosten pohjalta haluttiin lähteä kehittämään omaa kosteudenhallintaa toimivammaksi.

Tämän työn tavoitteena on kuvata kosteudenhallintaprosessia ja siihen liittyviä perusasioita mahdollisimman selkeästi sekä selvittää ja kehittää Skanska Talonrakennuksen kosteudenhallinnan tasoa.

## 2 KOSTEUS JA SIIHEN LIITTYVÄT ILMIÖT

Kosteus tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa (vesihöyry), nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa (jäätyneenä). Kosteus ilmoitetaan prosentteina, mikä kuvaa aineeseen sitoutuneen kosteuden massan suhdetta aineen massaan. Kosteuden määrä ilmoitetaan yleensä painoprosentteina. (Rakentajain kalenteri 2012, 80.) Normaalissa huone- ja ulkoilmassa sekä kaikissa huokoisissa materiaaleissa esiintyy aina jonkin verran kosteutta. Sen määrä on täysin riippuvainen materiaalien ominaisuuksista sekä ympäröivän ilman lämpötilasta ja ilman kosteudesta. Rakennusten rakenteisiin voi muodostua myös ylimääräistä kosteutta rakentamisvaiheen aikana sekä rakennuksen käytön aikana.

Rakennusosien kostuminen sekä jatkuva kosteus tai kuivumisen pitkittyminen saattaa aiheuttaa kosteusvaurioita. Pitkään kosteina pysyvissä rakennusosissa voi alkaa kasvaa home- ja lahottajasieniä, hiivoja sekä bakteereja, joita yhteisesti nimitetään mikrobeiksi. (Rakentajain kalenteri 2012, 80.) Rakenteen tai rakennusosan lyhytaikainen kostuminen ja kuivuminen taas normaalitilaan ei aiheuta mikrobikasvun alkamista (Rakentajain kalenteri 2012, 80). Eri materiaalit kuitenkin käyttäytyvät eri tavalla kostuessaan. Toiset materiaalit, kuten kivi- tai lasivilla, voivat olla kostuneena useita kuukausia ilman mikrobikasvuston syntymistä, kun taas puu ja erilaiset puukuitulevyt ovat suotuisa kasvualusta jo alle kuukauden kostumisen jälkeen.

Kosteusvaurioiden yleisimmät syyt voidaan jaotella suunnitteluvirheisiin tai suunnitelmien puuttumiseen, rakennustyössä tehtyihin virheisiin, puutteelliseen laadunhallintaan, puutteelliseen huoltoon sekä käyttövirheisiin (Rakentajain kalenteri 2012, 80).

Rakennuksissa ja rakenteissa esiintyvä kosteus esiintyy joko näkyvänä vetenä, näkymättömänä vesihöyrynä tai rakenteisiin sitoutuneena rakennekosteutena (Rakentajain kalenteri 2012, 80). Rakennekosteudella tarkoitetaan sitä vesimäärää, joka rakenteesta poistuu, ennen kuin rakenne on kosteustasapainossa ym-

päristönsä kanssa (Björkholtz 1997, 51). Poistumaan pyrkivä kosteus voi olla hyvinkin suuri ja sen on poistuttava riittävässä määrin rakenteesta ennen esim. lattian pinnoitusta. Tätä raja-arvoa voidaan nimittää materiaalin kriittiseksi arvoksi ja eri materiaaleilla kosteuden kriittinen arvo vaihtelee. Rakennekosteuden poistumisnopeuteen vaikuttavat mm. rakenteen paksuus, rakenteen kyky kuivua yhteen tai kahteen suuntaan sekä rakennusaikana tapahtunut mahdollinen kastuminen. (RIL 250-2011, 68.)

Sadevesi on näkyvin rakennusta rasittava kosteuden muoto ja varsinkin Suomen kosteissa oloissa sade tulee ottaa huomioon jo hankesuunnitteluvaiheessa. Sade voi esiintyä vetenä, räntänä tai lumena. Sadetyypeistä kaikkein kastelevin on räntä, joka jää usein pitkäksi ajaksi vaikuttamaan loiville ja vaakasuorille pinnoille. (Rakentajain kalenteri 2012, 81.) Rakentamisvaiheen aikana materiaalit tulisivin suojata sateelta mahdollisimman hyvin. Yleensä kosteudelle herkäät materiaalit on suojattu ennen toimitusta kevyesti, ja ne tuleekin suojata perusteellisesti työmaalle saavuttuaan tai varastoida kuivaan tilaan. Esimerkiksi kipsilevyt tulevat työmaalle nipuissa, jotka on peitetty muovilla. Muovissa on kuitenkin usein reikiä ja muita mahdollisia kuljetuksen aikana tulleita vaurioita, jolloin kosteus pääsee tunkeutumaan kipsilevyihin. Kunnollinen suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi laittamalla kipsilevylavan alle mahdollista lisäkoroketta, jotta ilma pääsee kiertämään alapuolella ja maasta nouseva kosteus ei imeydy alimpiin levyihin, sekä peittämällä levynippu huolellisesti. Osana tätä kehittyvää materiaalien suojausta on itse rakentaminen ns. sääsuojassa hallittujen olosuhteiden alaisena.

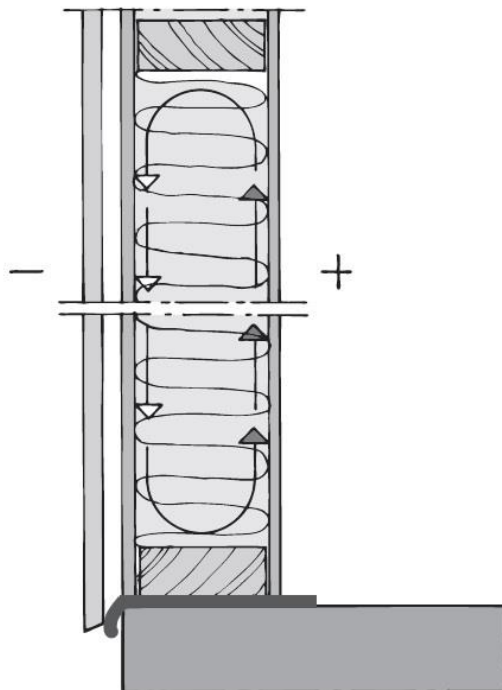
Huone- tai ulkoilman sisältämä kosteus kulkeutuu rakenteisiin yleensä joko vesihöyryn osapaine-eron aikaansaaman diffuusion muodossa (diffuusion suunta on suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään) tai rakenteen eri puolilla vallitsevan ilmanpaine-eron aiheuttaman ilmavirtauksen eli konvektion kuljetamana (Rakentajain kalenteri 2012, 84). Kosteus voi kulkeutua rakenteisiin myös kapillaarisesti tai kondenssin ansiosta.



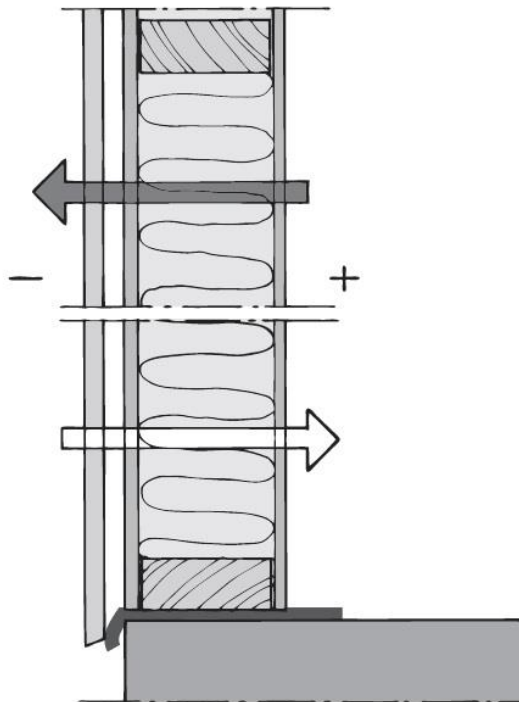
## 2.1 Konvektio

Vesihöyryn konvektio tarkoittaa kaasuseoksen (esim. ilman) sisältämän vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana sen liikkuesssa kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Vaikutuksiltaan konvektio voidaan jakaa kahteen tyyppiin. Ilma jäähtyy sen virratessa sisältä ulos, tuloksena voi olla kosteuden tiivistymistä ja keräytymistä haitallisessa määrin. Tämä johtuu siitä, että viileämpään ilmaan mahtuu vähemmän kosteutta kuin lämpimään ilmaan. Kun ilma lämpenee virratessa sisälle, virtaus kuivattaa rakennetta, koska ilman kosteuden sitomiskyky kasvaa sen lämmitessä. (Björkholtz 1997, 58.)

Kosteutta mukanaan kuljettavaa konvektiovirtausta saattaa esiintyä seinänsisäisenä eli ilman tiheyseroista johtuvana ns. luonnollisena konvektiona (kuva 1) tai rakenteessa olevien reikien taikka rakojen kautta ilmanpaine-erojen vaikutuksesta tapahtuvana pakotettuna konvektiona (kuva 2) (Rakentajain kalenteri 2012, 84).



Kuva 1. Luonnollinen konvektio ulkoseinässä (Rakentajain kalenteri 2012, 73).



Kuva 2. Pakotettu konvektio ulkoseinässä (Rakentajain kalenteri 2012, 73).

Rakennuksissa konvektio on huokoisten ja hyvin ilmaa läpäisevien aineiden, kuten tiili, sekä rakennusosissa olevien rakojen läpi tapahtuvaa ilman virtausta. Ilmavirtauksia syntyy rakenteen eri puolilla vallitsevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta. (Rakentajain kalenteri 2012, 84.) Kokonaispaineen eroja aiheuttavat tuuli, lämpötilaerot rakenteen eri puolilla sekä koneelliset ilmanvaihtojärjestelmät ja erilaiset puhaltimet. Lisäksi rakennuksissa muodostuu usein ylipainetta huoneiden yläosiin (ns. savupiippuvaikutus) ja tämä aiheuttaa suurimmat konvektiosta aiheutuvat kosteusvaurioriskit seinien yläosiin ja kattorakenteisiin (RIL 250-2011, 70).

Suurin riski konvektion aiheuttamille kosteusvaurioille on kylmänä vuodenaikana, kun kosteaa sisäilmaa virtaa rakenteisiin ja ilman sisältämä kosteus tiivistyy rakenteisiin, koska rakenteet ovat kylmempiä kuin kesäaikana (RIL 250-2011, 70).

Konvektiolla siirtyy suuria ilmamääriä jo pienistäkin rakenteen vuotokohdista, kuten naulanrei'istä, puutteellisista tiivistyksistä ikkunoissa ja ovilla sekä seinien ja yläpohjien liittymien huonosta tiivistyksestä johtuen. Konvektiolla siirtyvä kosteus määrä voi olla moninkertainen rakenteen läpi diffuusiolla siirtyvään kosteus määrään verrattuna. (RIL 250-2011, 71.)

## 2.2 Diffuusio

Vesihöyrypitoisuuksien ero rakenteen eri puolilla saa aikaan diffuusion, ja tällöin vesihöyrypitoisuudet rakenteen eri puolilla pyrkivät tasoittumaan rakenteen läpi (RIL 250-2011, 72). Yleisimmin diffuusion suunta on lämpimästä tilasta kylmemmän päin. Tärkein diffuusion suuntaan vaikuttava tekijä on tilojen välillä vallitseva ilman kosteusero, eli kosteus pyrkii diffusoitumaan erottavan rakenteen läpi tilaan, jonka vesihöyryn osapaine (yleensä myös absoluuttinen kosteus) on pienempi. Näin ollen saattaa diffuusion suunta olla joskus myös kylmemmästä lämpimään päin, jos kylmemmän tilan kosteuspitoisuus on suurempi kuin lämpimän. (Rakentajain kalenteri 2012, 84.)

Todellisuudessa huokoisten rakennusmateriaalien kohdalla on harvoin kyse puhtaasta diffuusiosta, kun vesihöyry kulkeutuu materiaaliin ja poistuu toiselta puolelta. Materiaalin sisällä osa kosteuden liikettä saattaa olla myös kapillaarista. (Rakentajain kalenteri 2012, 84.)

Diffuusiolla tapahtuvan virtauksen suuruus riippuu vesihöyryn pitoisuuden eron suuruudesta sekä välissä olevan rakenteen vesihöyryn läpäisevyydestä. Kosteusvaurioita syntyy yleensä, jos rakenteen sisäpuolelta pääsee vesihöyryä diffuusiolla enemmän rakenteisiin kuin rakenteesta poistuu, ja näin ollen rakenteen sisäinen kosteuspitoisuus kasvaa ajan myötä ja saa aikaan kosteusvaurioita, kuten hometta ja muita haitallisia mikrobeja. Diffuusiovirtaus kasvaa vesihöyryn pitoisuuseron ja rakenteen vesihöyrynläpäisevyyden kasvaessa. Vesihöyryn haitallinen diffuusio estetään toimivien diffuusiovastusratkaisujen avulla, kuten esim. höyrynsulkumuoveilla. (RIL 250-2011, 72.)

Nykyaikaisissa seinämärakenteissa diffuusio on yleensä hidasta, eikä se kuivissa tiloissa aiheuta kosteushaittoja, vaikka höyrinsulkumuoveja ei käytettäisikään, jos rakenteet on suunniteltu ja toteutettu oikein. Pienet sisäpuolisessa höyrinsuussa olevat reiät eivät sanottavasti lisää diffuusion suuruutta mutta kylläkin konvektiota. (Rakentajain kalenteri 2012, 84.)

### 2.3 Kondensoituminen

Kondensoituminen tarkoittaa ilmiötä, jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi, joko rakenteen pinnassa tai sen sisällä. Jotta kondensoitumista voi tapahtua, tulee ilman suhteellisen kosteuden olla 100 %. Rakenteissa vesihöyry tiivistyy aina ympäröivää ilmaa kylmemmälle kovalle pinnalle, jos vesihöyryn kyllästymiskosteus eli kastepiste ylittyy. Esimerkiksi kirkkaina öinä peltinen vesikate voi jäähtyä ulkoilmaa kylmemmäksi lämmön säteillessä siitä avaruuteen. Ilman kosteus voi tällöin tiivistyä katteen kylmille ylä- ja alapinnoille, joilta se voi valua ja tippua alaspäin. (Rakentajain kalenteri 2012, 85.)

Rakennuksen nurkista ja lattianrajasta tapahtuvat ilmavuodot ja kylmäsillat aiheuttavat alhaisia pintalämpötiloja tyypillisesti rakenteiden nurkkiin. Nämä alenuneet pintalämpötilat voivat aiheuttaa ääritapauksissa kosteuden tiivistymistä ja ajan kanssa kosteus- ja mikrobivaurioita. (RIL 2502-2011, 73.)

Diffuusion haittavaikutusten estämiseksi rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan rakenteen lämpimältä puolelta riittävän vesihöyrytiiviksi, ja samalla ne tulee suunnitella siten, että rakenteen vesihöyrynvastus pienenee lämpimästä kylmään siirryttäessä. Rakenteen lämpimällä puolella käytetään yleensä höyrinsulkua, joka estää samalla rakenteen läpi tapahtuvat ilmavuodot ja mahdolliset konvektiokosteudesta aiheutuvat kondenssivauriot. (Rakentajain kalenteri 2012, 84.)

## 2.4 Kapillaarisuus

Vesi voi siirtyä materiaalissa myös kapillaarisesti. Tämä tapahtuu veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan materiaaliin. Vesi voi siirtyä kapillaarisesti mihin tahansa suuntaan materiaalissa, myös ylöspäin. Kapillaarisesti siirtyvä kosteusmäärä voi olla huomattavan suuri, joten se on otettava huomioon suunniteltaessa rakenteita ja niiden liitoskohtia. Kosteuden nousu pysähtyy, kun se on saavuttanut kapillaarisen kosteustasapainon, eli kun kosteus on noussut korkeudelle, jossa huokosalipaineen aiheuttama kapillaarinen imu ja painovoima ovat yhtä suuria. (RIL 250-2011, 71.)

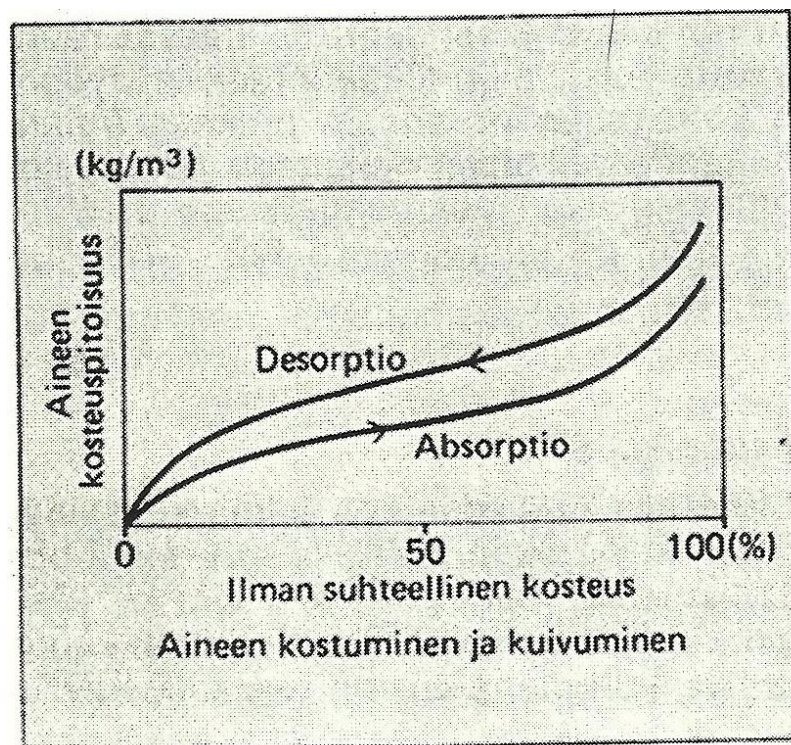
Materiaaleilla on erilainen kyky siirtää kosteutta kapillaarisesti, tähän vaikuttaa materiaalin tiiveys sekä materiaalin sisäisten huokoisten koko. Mitä pienempiä huokokset ovat ja mitä tiiviimpää materiaali on, sitä korkeammalle kosteus voi nousta. Esimerkiksi hienolla savella kapillaarinen nousukorkeus vaihtelee 8 ja 10 metrin välillä, riippuen kerrostuman tiiveydestä. Rakennusmateriaaleista tiilellä kapillaarinen vedenimeytymiskerroin voi olla noin 10 kertaa suurempi kuin kovalla betonilla. Betonin kapillaariseen vedenimeytymiskertoimeen vaikuttaa betonin veden ja sidosaineen määrän suhde. Mitä matalampi suhde on, sitä pienempi on kapillaarinen vedenimeytymiskerroin. (RIL 250-2011, 72.)

Rakenteita suunniteltaessa tulee kapillaarisuus ottaa huomioon asentamalla esimerkiksi kapillaarikatkot betonisokkelin ja rungon alajohteen väliin. Tähän tarkoitukseen sopii hyvin leveä huopakaista. Maanvastaisissa rakenteissa kapillaarisen nousun katkaiseva kerros on erittäin tärkeä, ja se voidaan tehdä esimerkiksi laittamalla halkaisijaltaan 6–32 mm karkeaa sepeliä vähintään 300 mm:n kerros maanvaraisen betonilaatan alle. Vaikka sepelikin on kapillaarinen materiaali, niin sen kapillaarisesti nostama vesimäärä on pieni, joten karkean sepelin käyttö on melko turvallinen ratkaisu. Myös maanvaraisen laatan alle tehtävä tiivis lämmöneristekerros (esim. EPS) parantaa maanvaraisen rakenteen kosteusteknistä toimintaa, sillä se hidastaa kosteuden kulkeutumista maapohjasta itse betonilaat-

taan ja toimii osaltaan myös kapillaarikatkona. Hyvä menetelmä on asentaa lämmöneristeen alle 200–300 mm karkeaa sepeliä riittävän kapillaarikatkon varmistamiseksi. (RIL 250-2011.)

## 2.5 Hygroskooppisuus ja sorptio

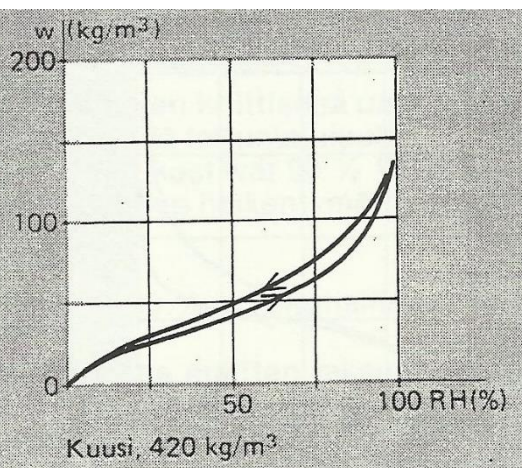
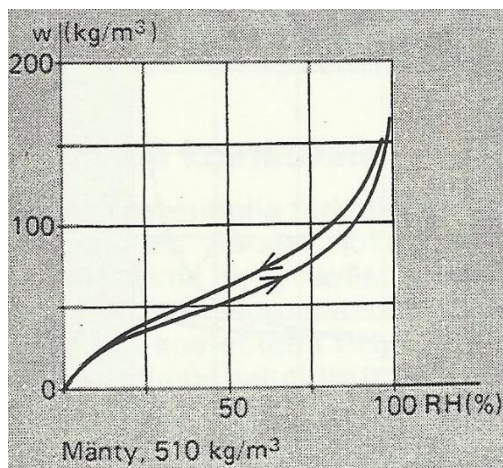
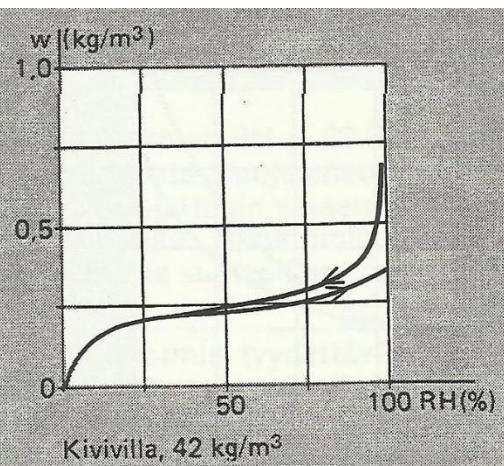
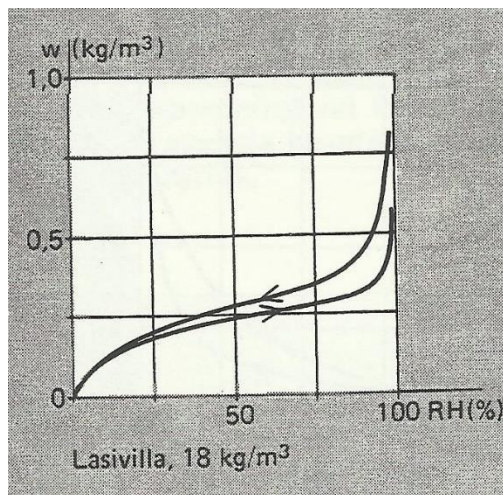
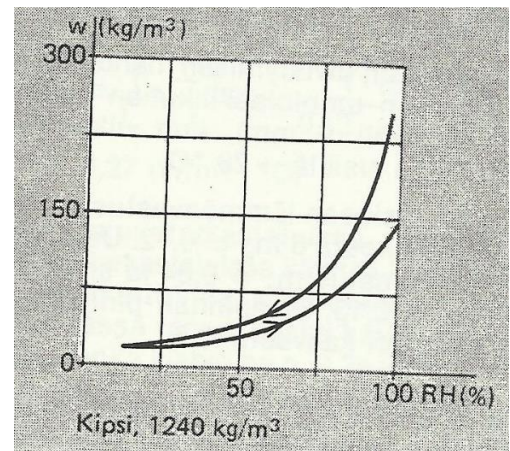
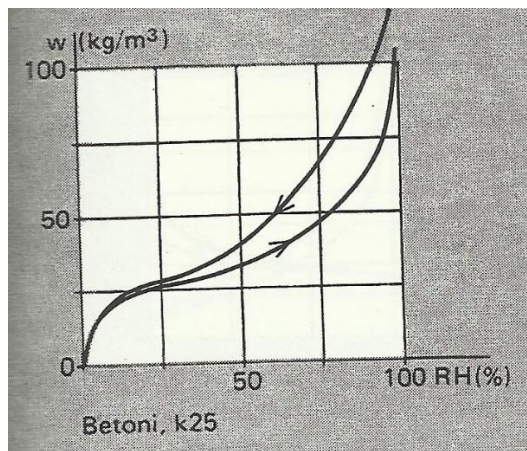
Huokoinen aine pystyy sitomaan itseensä kosteutta ilmasta sekä luovuttamaan kosteutta ilmaan, ja tätä ominaisuutta kutsutaan aineen hygroskooppisuudeksi. Kun aineen huokosissa olevan ilman suhteellinen kosteus on asettunut samaan arvoon ympäröivän ilman kanssa, se on saavuttanut niin sanotun hygroskooppisen tasapainokosteuden. Hygroskooppisen tasapainokosteuden suuruus on erilainen eri aineilla, ja lisäksi se on riippuvainen lämpötilasta sekä sorption suunnasta. Sorption voi olla joko kostumista eli absorptiota tai sitten kuivumista eli desorptiota. Tätä prosessia kuvataan sorptio- eli tasapainokäyrillä (kuva 3). (Björkholtz 1997, 59.)



Kuva 3. Sorptiokäyrä (Björkholtz 1997, 60).



Hygroσκοoppisuus on suurin puupohjaisilla aineilla, kun taas mineraalivilloilla se on lähes olematon (kuva 4).



Kuva 4. Eri aineiden sorptiokäyriä (Björkholtz 1997, 61–63).

## 3 MATERIAALIEN KOSTEUSKÄYTTÄYTYMINEN JA KOSTEUSMITTAUS

### 3.1 Kosteusmittausmenetelmät

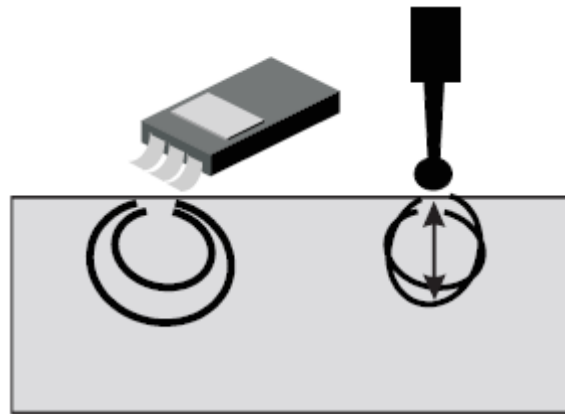
Kosteudenmittaustapoja on hyvin erilaisia, eivätkä kaikki mittaustavat sovellu kaikille materiaaleille. Joillakin mittaustavoilla saadaan hyvin suurpiirteisiä tuloksia, kun taas toisilla menetelmillä tulokset ovat hyvinkin tarkkoja. Nykyään luotettavien kosteusarvojen saaminen on helpottunut teknologian kehittyessä. Työmaalla voidaan ottaa suhteellisia kosteusarvoja ilman koepalojen ottoa, mikä on nopeuttanut ja helpottanut mittausten käyttöä.

Tärkeä osa toimivaa kosteudenhallintaa on kosteusmittausten suunnittelu ja riittävien mittausten ottaminen.

#### 3.1.1 Pintakosteusmittaus

Rakenteiden kosteutta voidaan selvittää aineita rikkomattomilla pintakosteusmittauksilla. Pintakosteudenosoittimen eli pintakosteusmittarin toiminta perustuu mittatavan materiaalin vesipitoisuuden muuttuessa tapahtuviin materiaalin sähköisten ominaisuuksien muutoksiin, tätä on kuvattu kuvassa seitsemän. Pintakosteusmittareita on useita erilaisia ja niihin on valmistajan toimesta asetettu joidenkin materiaalien sähköisiä ominaisuuksia vastaava kosteuspitoisuus painoprosentteina. (Merikallio 2002, 6.) Eri mittaustaitteiden välillä voi olla suuriakin eroja, joten pintakosteusmittauksen tuloksia voidaan pitää lähinnä suuntaa antavina. Lisäksi esimerkiksi eri betonilaatujen välillä sähköiset ominaisuudet eroavat toisistaan huomattavasti, ja täten ne eivät ole vertailukelpoisia keskenään (Merikallio 2002, 6).





Kuva 5. Pintamittarin toiminta (Rakentajain kalenteri 2000, 741).

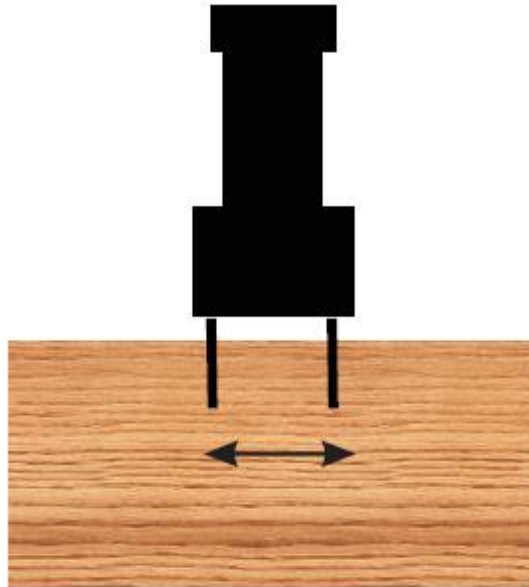
Pintakosteusmittareilla pystytään paikallistamaan esimerkiksi kylpyhuoneiden muovimaton tai tapetin alla oleva normaalia korkeampi kosteus tai määrittää miten korkealle seinärakenteeseen vesi on kapillaarisesti päässyt nousemaan (Merikallio 2002, 6). Pintakosteusmittausten perusteella ei tule tehdä rakenteiden päällystettävyyspäätöksiä, eikä määrittää rakenteiden kuivatustarvetta tai tehdä rakenteiden purkupäätöksiä (Merikallio 2002, 7).

### 3.1.2 Piikkimittaus

Puun kosteudenmittauksessa käytetään yleisesti menetelmää, jossa kosteusmittaus perustuu kahden puuhun lyötävän metallielektrodin välisen konduktanssin mittaamiseen. Tätä mittalaitetta kutsutaan piikkimittariksi. Kuvassa kahdeksan on esitetty piikkimittarin toiminta. Mittalaitteet antavat tulokset yleensä painoprosenteina, ja menetelmää voidaan pitää suhteellisen luotettavana mitattaessa rakentamisessa yleisesti käytettäviä puulajeja. Mittaus tehdään siten, että piikit ovat mitattavan puun samassa syysässä eli syyn suuntaisesti. Mittauksissa on otettava huomioon, että eri valmistajien laitteet voivat antaa eroavia tuloksia. (Rakentajain kalenteri 2000, 741.)

Piikkimittaria voidaan myös käyttää muiden materiaalien mittaamiseen, mutta esimerkiksi betonin kosteutta mitattaessa ongelmana on tulosten tulkinta, sillä

erilaisten betonilaatujen suuri määrä ja betonin ominaisuuksien muuttuminen vaikeuttavat sähkövastuksen muuttamista betonin kosteuspitoisuudeksi (Rakentajain kalenteri 2000, 741).



Kuva 6. Piikkimittarin toimintaperiaate (Rakentajain kalenteri 2000, 742).

### 3.1.3 Suhteellisen kosteuden mittaus

Betonin suhteellista kosteutta mitataan pääsääntöisesti sähköisillä mittalaitteilla, jotka koostuvat mittapäästä ja näyttölaitteesta. Mittapää ja näyttölaitte voivat olla kiinteästi kiinni toisissaan tai näyttölaitte voidaan yhdistää mittapäähän mittauksen ajaksi kaapelilla. Mittalaitteet voivat olla myös kytkettynä tiedonkeruulaitteeseen eli loggeriin, jolloin mittausjakso voi olla hyvinkin pitkä. Kosteusmittausanturityyppejä ovat mm. kapasitiiviset mittausanturit, elektrolyytin sähkönjohtavuuteen perustuvat anturit sekä kastepisteanturit. Yleisimmin käytettävä anturityyppi on kapasitiivinen kosteusanturi, ja se koostuu kahdesta elektrodista ja niiden väliin sijoitetusta vesimolekyyleille herkästä materiaalista, joka vastaanottaa ja luovuttaa ympäristöön vesimolekyylejä, mikä aiheuttaa kapasitanssin muutoksen. (Merikallio 2002, 8.)

Betonirakenteen suhteellinen kosteus voidaan mitata joko rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta otetusta näytepalasta.

Porareikämittauksessa mitattavaan betonirakenteeseen porataan reikiä eri mitaussyvyyksiin mitattavista rakenteista riippuen. Yleisesti mittaus tehdään pinnasta 20–30 mm syvyydeltä ja rakenteesta riippuen 0,2–0,4 kertaa rakenteen paksuus, kaavan mukaiselta syvyydeltä. Tämän jälkeen itse mittari asennetaan reikään ja tiivistetään hyvin, jotta ilma ei pääse vaihtumaan itse mittausreiässä. Tiivistys tehdään sekä mittauspisteen yläosassa, että reiän sivuilta, jotta voidaan varmistua luotettavista tuloksista. Tiivistyksen jälkeen mittausreiän tulee antaa tasaantua kolmesta seitsemään vuorokautta, jotta tasapainokosteus reiässä saavutetaan. Itse mittausanturi voidaan asentaa mittausputkeen jo alussa, mutta yleensä anturi laitetaan mittausputkeen vasta mittauspäivänä. Anturin tulee antaa tasaantua ympäröivään tilaan riittävän kauan. Tasaantumisaika vaihtelee eri antureilla tunnista vuorokauteen. Tasaantumisajan jälkeen mittausanturiin kytetään itse näyttölaite, josta tulokset luetaan. Näyttölaite ilmoittaa sekä suhteellisen kosteuden arvon että lämpötilan arvon. Mittausanturin koodi ja tulokset kirjataan ylös mittauspöytäkirjaan. Pöytäkirjaan merkitään lisäksi mittaushuoneen lämpötila ja suhteellinen kosteus. (Merikallio 2002, 13–16.) Kuvassa 9 on näytetty, miten tulokset luetaan laitteesta.

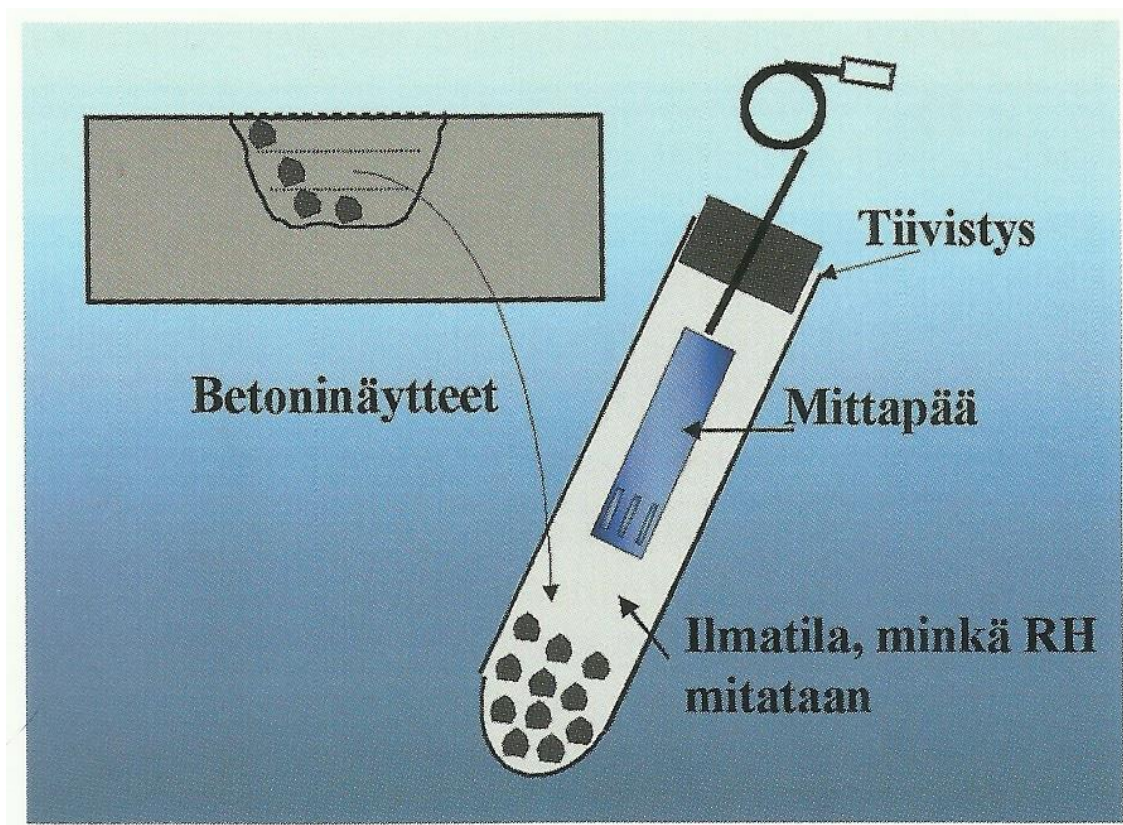


Kuva 7. Porareikämittauksen tulosten lukeminen laitteesta (Merikallio Tarja 2002, 15).

Näytepalamenetelmä on porareikämenetelmää nopeampi ja luotettavampi menetelmä betonirakenteen suhteellisen kosteuden määrittämiseksi. Menetelmää käytetään lähinnä tilanteissa, joissa mittaustulos halutaan nopeasti, olosuhteet mittauskohdassa ovat epävakaat tai kun betonin lämpötila on porareikämittaukselle liian alhainen tai liian korkea. Mittauspisteessä betonirakenteeseen porataan 10–16 mm:n poranterällä 100–150 mm:n halkaisijalta oleva piiri. Reiät porataan mittaussyvyyteen asti, joka on sama kuin porareikämittauksissa eli rakenekohtainen. Piirin sisään jäänyt betoni piikataan tai hakataan irti käsitaltalla, jolloin irronneen betonikappaleen alta paljastuu ns. näytteenottopinta. Näytteenottopinnasta piikataan esimerkiksi lyöntimeisselillä betoninmurusia, jonka jälkeen muruset laitetaan välittömästi koeputkeen yhdessä mittauspään kanssa, siten



että murusten määrä on noin 1/3 koeputken tilavuudesta. Putken pää tiivistetään vesihöyryntiiviiksi erittäin huolellisesti. Kuvassa 10 on esitetty näytepalamittaus. Näytteenoton jälkeen koeputket siirretään +20:n °C vakioämpötilaan, jossa niiden annetaan tasaantua halutusta tarkkuudesta riippuen 2–12 tuntia. Tasaantumisvaiheen jälkeen luetaan sekä kosteusarvo että lämpötila, jonka jälkeen tulokset kirjataan ylös mittauspöytäkirjaan. (Merikallio 2002, 17–18.)



Kuva 8. Näytepalamittaus (Merikallio 2002, 18).

#### 3.1.4 Koepalamenetelmät

Materiaalien todellinen kosteus painoprosentteina saadaan ns. kuivatus-punnitus menetelmällä. Menetelmässä materiaalinäyte punnitaan kosteana, jonka jälkeen se kuivataan ja punnitaan uudestaan kuivana. Kosteuspitoisuus saadaan kostean ja kuivan näytteen painojen erotuksen ja kuivan näytteen painon suhteena. Menetelmän käyttöön liittyy virhemahdollisuuksia lähinnä näytteenotossa, näyt-

teen säilytyksessä ja punnituksessa. Menetelmä on erittäin tarkka, kunhan virheet saadaan rajattua pois tutkimuksesta, mutta sen huonona puolena voidaan pitää menetelmän tulosten saamisen kestoa sekä materiaalin rikkomista. Näytteitä tulee kuivata niin kauan, kunnes painonvähennys vuorokaudessa on enintään 0,1 % näytteen alkuperäisestä painosta. (Merikallio 2002, 8.)

Betonin kosteutta voidaan myös mitata kalsiumkarbidimittarilla. Tässä menetelmässä betonista otetaan pieniä koepaloja, jotka laitetaan metalliseen koepulloon yhdessä kalsiumkarbidijauhetta sisältävän lasiampullin sekä teräskuulien kanssa. Koepullo suljetaan ja ravistetaan hyvin, jotta teräskuulat rikkovat lasiampullin, jolloin kalsiumkarbidi pääsee reagoimaan betonissa olevan kosteuden kanssa. Pullon korkissa on painemittari, joka mittaa pulloon syntyneen paineen. Tätä painetta verrataan taulukoista saatavaan betonin kosteuteen painoprosentteina. Menetelmän etuna on sen nopeus, mutta ongelmaksi muodostuu tuloksen saaminen välillisesti paineen avulla sekä tulosten tarkka tulkinta, joka edellyttää betonin koostumuksen tuntemista, eikä kaikille betonilaaduille ole olemassa muu-  
tostaulukoita. Tätä menetelmää ei enää suositella käytettäväksi betonirakenteen päällystettävyyttä arvioitaessa. (Merikallio 2002, 7.)

### 3.2 Materiaalien kosteuskäyttäytyminen

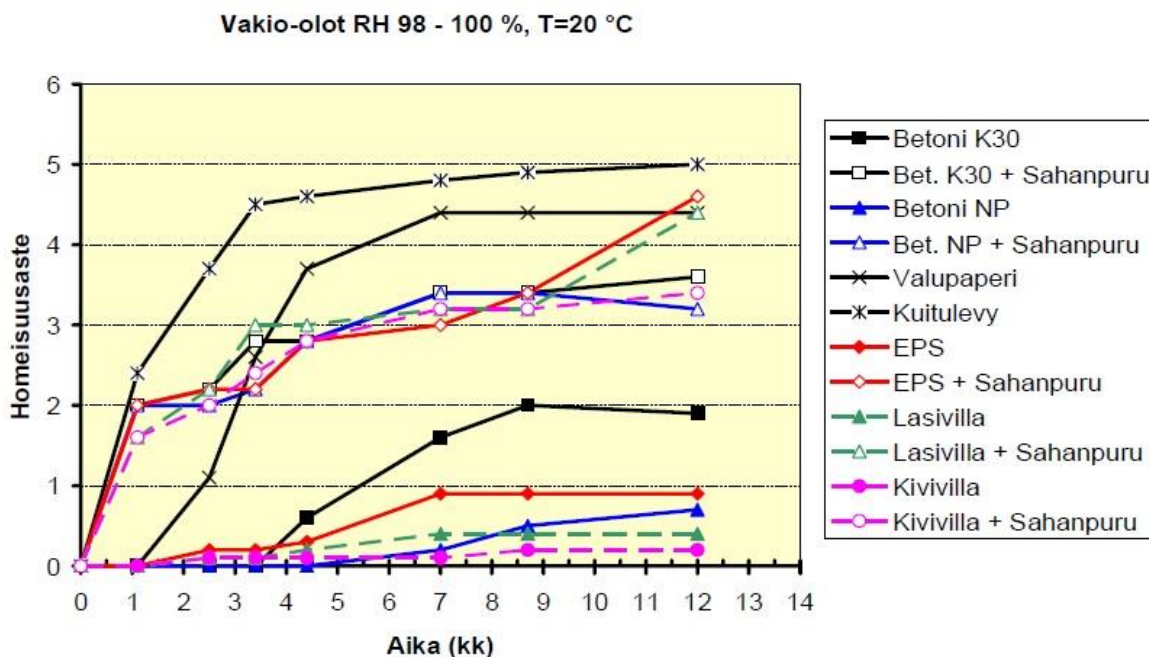
Rakennusmateriaalit käyttäytyvät eri lailla joutuessaan kosketuksiin kosteuden kanssa. Esimerkiksi kipsilevy menee käytännössä katsoen pilalle, jos se saa itseensä kosteutta, kun taas suurin osa kivipohjaisista valmistuotteista, kuten tiili, voi imeä itseensä paljonkin kosteutta ilman minkäänlaisia haittavaikutuksia.

VTT on tehnyt paljon tutkimuksia vuosien saatossa liittyen eri materiaalien homehtumiseen ja kosteuden keston. Alan pioneerinä tunnettu Hannu Viitanen on tehnyt tutkimuksia eri eristeiden ja puun homehtumisesta jo 80-luvulla. Tutkimusten perusteella on tehty homeen kasvun laskentamalli ja homeindeksiluokitus (kuva 5).

Homeindeksi M	Havaittu homekasvu	Huomautuksia
0	Ei kasvua	Pinta puhdas
1	Mikroskoopilla havaittava kasvu	Paikoin alkavaa kasvua, muutama rihma
2	Selvä mikroskoopilla havaittava kasvu	Homerihmasto peittää 10% tutkittavasta alasta, useita rihmastopesäkkeitä
3	Silmin havaittava kasvu	Alle 10% peitto alasta Uusia itiöitä alkaa muodostua
4	Selvä silmin havaittava kasvu	Yli 10% peitto alasta
5	Runsas silmin havaittava kasvu	Yli 50 % peitto alasta
6	Erittäin runsas kasvu	Lähes 100% peitto, tiivis kasvusto

Kuva 9. Homeindeksi luokitus.

Seuraavassa kuvassa on kuvattu yleisimpien rakennusmateriaalien homeindeksin kehitystä ilman suhteellisen kosteuden ollessa 98–100 % ja lämpötilan ollessa + 20 °C. Tutkimus on tehty VTT:n laboratoriossa vakio-olosuhteissa.



Kuva 10. Joidenkin materiaalien pinnan homehtuminen 98–100 % RH:ssa ja 20 °C lämpötilassa, tässä tutkimuksessa (Viitanen 2004, 15).

Puhtaat EPS- ja mineraalivillaeristeet voivat myös homehtua, mutta olosuhteiden tulee olla useiden kuukausien ajan hyvin rankat. Ilman suhteellisen kosteuden tulee olla yli 97–98 % (Viitanen 2004, 24). Betonilla suurin homeongelmien aikaansaaja on sen huokosiin päässyt orgaaninen materiaali, kuten pöly tai siitepöly, johon alkaa muodostua mikrobikasvustoa hyvinkin nopeasti.

Seuraavissa kohdissa on käyty läpi yleisimpien rakennusmateriaalien kosteuskäyttäytymistä ja ominaisuuksia.

### 3.2.1 Betoni

Betoni on yksi yleisimmistä Suomessa käytettävistä rakennusmateriaaleista ja sitä käytetään sekä paikallavaluna että elementteinä. Betoni on huokoinen rakennusmateriaali, joten se pystyy luovuttamaan itsestään kosteutta ympäristöön sekä myös vastaanottamaan kosteutta ympäristöstä (Merikallio 2002, 34). Beto-



nin valmistuksessa käytetään vettä ja siitä vapautuu kosteutta ympäristöön kuivumisprosessin aikana. Betonista poistuvan kosteuden määrä riippuu betonin laadusta ja voi olla jopa 80–85 kg/m<sup>3</sup> (RIL 250-2011, 69). Betonin saavutettua tasapainokosteuden ympäristön kanssa se voi vastaanottaa kosteutta hyvin hitaasti, ellei se pääse varsinaisesti kastumaan, jolloin kosteus pääsee betoniin kapillaarisesti. Kastumisen vaikutus betonirakenteen kuivumiseen on sitä merkittävämpi, mitä korkeampi betonin vesi-sideainesuhde on. Betonin vesi-sideainesuhteen pienentyessä betonista tulee tiiviimpää, jolloin sen kyky imeä vettä heikkenee. Lisäksi kastumisen vaikutus betonin kuivumisprosessiin on sitä suurempi, mitä myöhemmässä vaiheessa kastuminen tapahtuu. (Merikallio 2002, 34.)

Betonirakenteiden kuivuminen tasapainokosteuteen voi rakenneratkaisusta riippuen kestää jopa useita vuosia. Betonirakenteiden ei kuitenkaan tarvitse rakennusaikana saavuttaa tällaista tasapainokosteutta. (Merikallio Tarja 2002, 34.) Betonirakenteiden suhteellisen kosteuden rajoituksia tulee yleensä niiden pinnoittamiseen käytettävistä materiaaleista. Usein vaatimuksena on suhteellisen kosteuden arvoja 80–90 %:n väliltä, pinnoitettavasta materiaalista riippuen. (Merikallio 2002, 34.)

Betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttavat rakenneratkaisut, ympäristön kosteus ja lämpötila sekä itse betonin ominaisuudet. Laskemalla betonin vesisideainesuhdetta ja estämällä rakenteen kastuminen sekä tasaamalla ympäristön olosuhteet + 20 °C:seen ja ilman suhteellinen kosteus 50–60 %:iin saadaan betoni kuivumaan suhteellisen nopeasti. (Niemelä Tero, henkilökohtainen tiedonanto 7.2.2014.)

Betonirakenne kestää hyvin kosteutta, eikä se vaurioidu liiasta kosteusrasituksesta. Betoniin ei yleensä synny homeita rankoissakaan kosteusolosuhteissa, mutta jos betonin huokosiin on päässyt orgaanista materiaalia, kuten siitepölyä, voi betonirakennekin homehtua. Tiiviimmällä betonirakenteella homehtumisen riski on hyvin vähäinen. (Viitanen 2004, 25.)

Betonirakenteiden kosteutta voidaan mitata pintamittarilla, piikkimittarilla, koepalasta punnitus-kuivatusmenetelmällä sekä kalsiumkarbidimittarilla tai suhteellisen

kosteuden mittaustavoilla. Yleisimmin betonirakenteiden kosteuksia mitataan porareikämittauksilla sen luotettavuuden ja nopeuden ansiosta.

### 3.2.2 Puu

Puu, kuten betoni on hygroskooppinen eli vettä imevä aine. Puu pystyy absorboimaan itseensä huomattavan suuria vesimääriä, joten puun käytön kanssa tulee aina varmistua siitä, että materiaali on riittävän kuivaa ja että se pääsee kuivumaan ennen pinnoitusta. Puun kosteudella tarkoitetaan siinä olevan veden massan ja vedettömän puuaineksen massan välistä suhdetta. Esimerkiksi jos 50 kg:n painoisessa puukappaleessa on vettä 25 kg, on puun kosteusprosentti tällöin 100 %. Vastasahatun puun kosteus on yleensä 40–200 %. Normaalikäytössä puun kosteus vaihtelee 8–25 painoprosentin välillä ilman suhteellisen kosteuden mukaan. (Puuinfo 2013.)

Puu alkaa vaurioitua, jos sen kosteus pysyy pitkiä aikoja yli 20 prosentissa. Ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on tällöin yleensä yli 80–90 %. Puu alkaa homehtua muutamassa kuukaudessa, jos sitä ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pysyy tänä aikana yli 80 prosentissa. Ilman 70 %:n suhteellista kosteutta voidaan pitää jo kriittisenä arvona. Ilman suhteellisen kosteuden ylitettyä 90 % puu alkaa lahota. Puun homehtumisen ja lahoamisen edellytyksenä on kuitenkin se, että lämpötila on +0–+40 °C. Vaikka pakkasella ilman suhteellinen kosteus voi olla pitkiä aikoja yli 85 %, puu ei vaurioidu, koska lämpötila ei ole riittävä homeen ja lahon etenemiselle. Homeitiöt ja lahottajasienet vaativat toimiakseen lisäksi happea ja ravinteita, joita on yleensä riittävästi sekä puussa että puuta ympäröivässä ilmassa. (Puuinfo 2013.)

Home ei pysty tunkeutumaan puun pintaa syvemmälle, joten se ei ole puun lujuuden kannalta haitallista. Homeen levittämät itiöt ovat sen sijaan haitallisia terveydelle, koska ne voivat aiheuttaa ihmisille erilaisia allergisia reaktioita ja lieviä myrkytysoireita, kuten esimerkiksi jatkuvaa nuhaa, huimausta ja päänsärkyä. Tämän vuoksi homeen esiintymiseen on aina suhtauduttava vakavasti. (Puuinfo 2013.)

Puun sinistymisen rinnastetaan usein virheellisesti puun homehtumiseen. Puun sinistymisen on sinistäjäsiementen aiheuttamaa värjäytymistä, joka ulottuu myös syvälle puun rakenteeseen. Sinistäjäsiemenet leviävät itiöinä tai rihmaston kasvuna ja ilmestyvät etenkin varastoituun havupuuhun. Sinistäjäsiemenet eivät kehity alle +5 °C:n lämpötilassa. Sinistymisen ei vaikuta oleellisesti puun lujuuteen. (Puuinfo 2013.)

Puurakenteiden kosteusmittauksia voidaan tehdä joko pintamittauslaitteella, piikkimittarilla tai koepalan mittauksella laboratoriossa punnitus-kuivatusmenetelmällä. Näistä vaihtoehtoista kaikkein tarkin on koepala, mutta yleisimmin käytetty puun kosteusmittaustapa on piikkimittaus, joka on suhteellisen luotettava mittaustapa.

### 3.2.3 Mineraalivilla

Mineraalivilla on yksi yleisimmistä käytössä olevista eristeistä. Se on erittäin suosituttua materiaalia sen edullisuuden ja hyvien ominaisuuksien ansiosta. Mineraalivillalla tarkoitetaan sekä lasivillaa, joka valmistetaan yleensä kierrätyslasista, että kivivillaa eli vuorivillaa, joka taas valmistetaan emäksisistä kivilajeista. Molemmissa villoissa sidosaineena käytetään mm. bakeliittiliimaa, joka aiheuttaa villan kellertävän värin. (Wikipedia mineraalivilla 2014.)

Rakennusalalla yleisenä käsityksen on, että mineraalivilla, varsinkin kivivilla, ei kastu. Väittämä on sinällään oikea, että kosteus ei pääse tunkeutumaan villan pintaa syvemmälle ja kastumisen loputtua villa kuivuu nopeasti. VTT:n tekemässä tutkimuksessa on todettu, että kivivillan kosteus painoprosentteina jopa RH 98–100 % kosteusolosuhteissa on vain 1,6 paino-%:a kuivapainosta (Viitanen 2004, 15). Suurimmaksi ongelmaksi mineraalivillalla tulee orgaaninen materiaali, kuten siitepöly, joka pääsee tuulen mukana lentämään villan pintaan, ja sateen mukana sitä saattaa tunkeutua myös hieman syvemmällekin. Tämä orgaaninen materiaali voi kastuessaan aiheuttaa villaan mikrobikasvustoa.

Mineraalivillasta kosteusmittauksia voidaan tehdä pintamittarilla, piikkimittarilla tai koepalamittauksilla laboratorio-olosuhteissa. Yleisimmin käytössä on piikkimitaus.

## 4 KOSTEUDENHALLINTA

Rakennustyömaan kosteudenhallinnan ensisijaisena tavoitteena on estää kosteusvaurioiden synty. Hyvin suunniteltu ja toteutettu kosteudenhallinta antaa edellytykset sille, että rakenteet kuivuvat tavoitekosteustilaansa ilman aikatauluviivytyksiä. Kosteudenhallinta tulee ottaa huomioon rakennuksen koko elinkaaren ajan. Jo rakennushanketta suunniteltaessa tulee tunnistaa, millaisia vaatimuksia kosteus asettaa esimerkiksi rakentamisaikatauluun, materiaalivalinnoille sekä suunnitteluratkaisuille. (Rakentajain kalenteri 2002, 547; Rakentajain kalenteri 2005, 500.)

Kosteudenhallintasuunnitelman yleinen rakenne noudattaa pitkälti kosteudenhallintaprosessin vaiheistusta ja toimii prosessin käytännön työkaluna, edellyttäen että se on laadittu asianmukaisesti ja että kosteudenhallintasuunnitelmaa täydennetään hankkeen edetessä. Rakenne ja laadinnan tehtäväjako on seuraava:

- A. Hankkeen yleistiedot (osapuolet yms. yleistiedot, täydennetään hankkeen aikana)
- B. Rakennuttajan kosteudenhallinnan laadun tavoitetaso (rakennuttaja laatii asiantuntijan kanssa)
- C. Kosteusriskien arviointi (tulokset): kosteusriskiluokka, kriittiset rakenteet ja laatutekijät (suunnittelija alussa, työmaa täydentää, täytettävä rakennuttajan laatutavoitteet)
- D. Rakenteiden kuivumisaika-arviot (työmaaorganisaatio, rakennesuunnittelija tukee)
- E. Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu (työmaaorganisaatio)
- F. Kosteusmittaussuunnitelma (työmaaorganisaatio, kosteudenmittaaja)

Rakennushankkeen kosteudenhallintasuunnitelman laadinta alkaa jo hankkeen tavoiteasetteluvaiheessa, ja näitä tavoitteita tulisi noudattaa itse rakennusta sekä siihen liittyviä rakenteita suunniteltaessa (ARK, RAK, GEO, LVI). Suunnitteluvaiheessa kosteudenhallintasuunnitelmaa täydennetään mm. alustavilla rakenteiden kuivatus- ja työmaan olosuhdetavoitteilla/vaatimuksilla. (RIL 250-2011, 36.)

Suunnitteluvaiheen täydennetty kosteudenhallinta on syytä liittää urakkatarjouspyyntöasiakirjoihin. Tätä kautta tuleva urakoitsija sitoutuu kohteen kosteudenhallintaan heti rakentamisvaiheen alkaessa. Urakoitsijan kanssa on syytä keskustella kohteen kosteudenhallinnasta urakkaneuvotteluvaiheessa sekä pyytää urakoitsijan näkökulmaa valittuihin rakenneratkaisuihin.

Työmaavaiheessa täydennetään ja tarkennetaan kosteudenhallintasuunnitelma urakoitsijan menettely- ja työtavoilla alkuperäisistä kosteudenhallinta tavoitteista tinkimättä. Kosteudenhallintasuunnitelman toteuttaminen työmaalla edellyttää työmaan kosteudenhallintaan liittyvää selkeää organisointia, vastuunjakoa sekä tiukkaa valvontaa urakoitsijan työnjohdolta ja rakennuttajan taholta. (RIL 250-2011, 37.) Hankkeen rakentamisvaiheen lähestyessä loppuaan on tärkeää siirtää kaikki oleelliset kosteudenhallintaan liittyvät suunnittelu- ja toteutustiedot kohteen huoltokirjaan sekä kohteen ylläpidosta vastaavalle taholle, kuten huoltoyhtiölle.

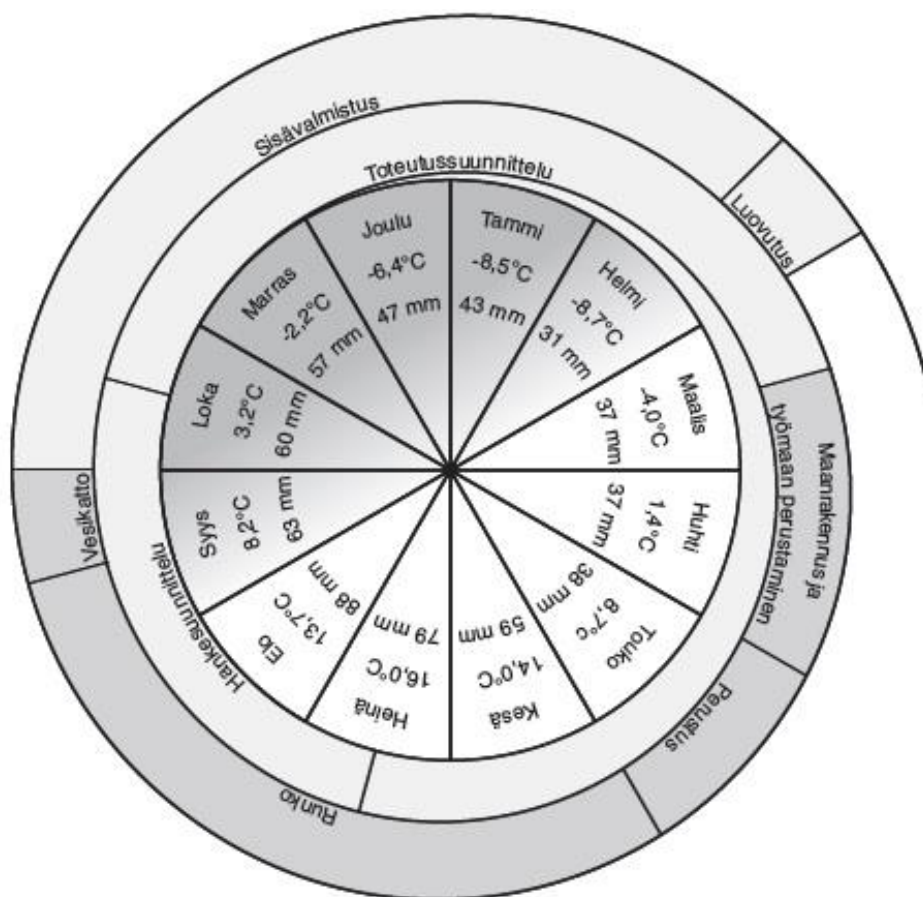
Kun koko rakennushankkeen kattava kosteudenhallintasuunnitelma on käytössä ja sitä myös noudatetaan sekä dokumentoidaan tarkasti ja varmistetaan asetettujen laatutavoitteiden toteuma, eliminoidaan suuri osa mahdollisista kosteusongelmista. Myös realisoituvien kosteusongelmien korjaaminen on helpompaa, kun ongelman syntyhistoria voidaan todentaa ja oikeisiin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä välittömästi ilman viivytyksiä. (RIL 250-2011, 37.)

#### 4.1 Rakennuttaminen ja kosteudenhallinta

Kosteudenhallinta ei ole pelkästään tekninen toimenpide, eikä sitä saa jättää vain teknisten asiantuntijoiden huoleksi. Rakennushankkeeseen ryhtyvä (rakennuttaja/tilaaja/omistaja) luo toiminnallaan pohjan hankkeen kosteustekniselle onnistumiselle. (RIL 250-2011, 39.) Rakennuttajan tulee huolehtia siitä, että hanke johdetaan, suunnitellaan ja toteutetaan siten, ettei kosteusongelmia pääse syntyämään. Rakennuksen valmistuttua sama vastuu siirtyy omistajalle ja rakennuksen käyttäjille.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Hänellä tulee olla hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset sen toteuttamiseen sekä käytettävissään pätevä henkilöstö (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132, 119. §). Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma-, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132, 117c §).

Rakennuttajan tulee asettaa kohteen laatutavoitteet kosteudenhallinnan osalta selkeästi ja dokumentoida ne siten, että ne tulevat hankkeen asiakirjoissa kaikille osapuolille selkeästi esiin. Kosteudenhallinnan laatutavoitetaso on pääsääntöisesti vaativampi kuin määräysten asettama vähimmäistaso. Rakennuttajan laatima tavoitetaso ottaa yleensä kantaa kohteen projektihallintoon, suunnitteluratkaisuihin (esim. rakennuspaikan kuivatus, perustusten kosteudenhallinta, vaipan toimivuus, märkätilaratkaisut, talotekniset ratkaisut ja vaatimukset), työmaan olosuhdehallintaan (esim. sääsuojan vaatiminen rakentamisvaiheessa, mittausten tekeminen, kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja raportointi), sekä valmiin kohteen ylläpitoon ja käyttöön. Rakennuttajan tulee myös varmistua siitä, että hankkeen suunnitteluun ja toteutukseen on varattu riittävät resurssit hankkeen kosteudenhallinnan laatuvaatimukseen nähden (esim. taloudelliset resurssit ja realistinen aikataulu). Oikealla ajoituksella ja kunnollisella hankesuunnittelulla voidaan välttää kosteusteknisesti haastavimpien kuukausien aikana kosteudelle alttiiden rakenteiden rakentaminen. Rakennus on koko runkovaiheen ajan altis kostumiselle ennen kuin vesikatto ja julkisivut valmistuvat. Sen takia perustus ja runkovaihe tulisi ajoittaa mahdollisimman kuivaan aikaan. Oheisessa kuvassa on esitetty tyypillisen rakennusurakan toteutusajat kosteus ja lämpötilat huomioiden.



Kuva 11. Hankkeen aloitusajankohta ja rakentamisen toteutustapa määrittää kosteudelle alttiiden rakennusvaiheiden ajoittumisen (Rakentajain kalenteri 2012, 128).

Rakennuttajan tulee myös varmistaa, että vastuullisilla suunnittelijoilla on riittävät pätevyydet sekä hankekohtainen kelpoisuus ko. kohteen vaativuuteen nähden. Lisäksi rakennuttajan tulee varmistaa, että yrityksillä on riittävä osaaminen ja riittävät resurssit kohteen laajuuteen nähden. Rakennuttajan tulee myös organisoida hanke siten, että tiedonvaihtotavat eri osapuolten välillä on määritelty ja ne toimivat, sekä varmistaa, että kaikki projektiin osalliset tahot noudattavat niitä. Rakennuttajan tulee tarkistaa, että kaikilla yrityksillä on toimiva laadunhallintajärjestelmä. Rakennuttaja vastaa kriittisten kosteudenhallintaan liittyvien työvaiheiden aloituskokouksien järjestämisestä ja kirjaa selkeästi eri osapuolten tehtävät, työnjaon ja vastuun sekä aikataulun. Rakennuttajan tulee nimetä hankkeen vaativuuteen nähden tarpeellisen määrän valvojia ja tarkastajia, joiden tehtäviin kuuluu mm. kosteusteknisen toteutuksen laadun valvominen. (RIL 250-2011, 40.)



Rakennuttajan tärkeimmät tehtävät ovat kosteudenhallintaan liittyvien riskien kartoittaminen ja dokumentointi hankkeen eri vaiheissa, eli hankkeen kosteusriskiluokan määrittäminen sekä kosteudenhallinnan menettelytapojen sopiminen (normaali/tehostettu menettely). Rakennuttaja valvoo, että kaikki kosteudenhallintaan liittyvät sovitut toimenpiteet suoritetaan sekä suunnittelun että toteutuksen osalta. Lisäksi rakennuttajan tulee varmistaa, että kosteudenhallintasuunnitelma on asianmukaisesti laadittu ja että sitä noudatetaan rakentamisaikana. (RIL 250-2011, 40.)

Rakennuttajan mahdollisuudet käytännössä hallita rakennusaikaista kosteudenhallintaa on pitkälti sidottu urakkamalleihin ja niihin liittyviin erityyppisiin sopimuksiin (rakennuttaminen, suunnittelu, toteutus ja valvonta) (RIL 250-2011, 40). Kosteudenhallintaan liittyvät asiat on otettava esiin selkeästi ja riittävän ajoissa. Lisäksi rakennuttajan on syytä varmistaa tarjousneuvottelussa, että urakoitsija on ottanut huomioon kaikki kosteudenhallintaan liittyvät asiat, joita rakennuttaja on edellyttänyt.

Rakennuttajan tulee käyttää hankkeen laajuudesta riippuen riittävästä ammattitaitoisia valvojia ja tarkastajia. Työmaavalvojan tehtävän on toimia työmaalla rakennuttajan edustajana ja valvoa, että hankkeessa noudatetaan sopimuksia ja toteutus tehdään suunnitelmien mukaan. (RIL 250-2011, 41.) Jos kohde rakennetaan ns. tehostettua kosteudenhallintaa käyttäen, kannattaa rakennuttajan nimetä kohteeseen erillinen kosteusteknisten suunnitelmien laadun tarkastaja. Lisäksi itse toteutusvaiheessa voidaan käyttää ulkopuolista kosteudenhallinta tarkastajaa tai asiantuntijaa.

#### 4.2 Suunnittelu ja kosteudenhallinta

Kosteudenhallinta on vain yksi tärkeä suunnittelukriteeri muiden vaatimusten, kuten rakennuksen energiatehokkuuden, lujuuden, vakauden ja käytännöllisyyden rinnalla. Kuitenkin kosteudenhallinnan ja energiatehokkuuden hyvät ratkaisut ovat pääosin täysin yhteneviä, esim. vaipan sisäpinnan hyvä tiiviys sekä ulkopin-

nan kosteustekninen hyvä toimivuus. (RIL 250-2011, 43.) Tilaaja antaa suunnittelijoille suunnitteluohjeet, joiden tulee sisältää kosteudenhallinnan vaatimukset tuotteelle ja toteutuksen reunaehdot. Reunaehtojen antaminen ei nykypäivänä ole kovinkaan yleistä, vaan vallitseva käytäntö on ollut vapaiden käsien antaminen rakennusurakoitsijoille. (Rakentajain kalenteri 2012, 129.)

Suunnittelijoiden on suunniteltava rakennuksen runko- ja eristysrakenteet siten, että ne kestävät myös rakentamisen aikaisen kosteusrasituksen. Rakenteiden tuuletusratkaisujen on sovellettava sekä valmistukseen, asennukseen että lopulliseen käyttöön. Lisäksi suunnitelmiin on kirjattava lähtötiedot työmaan kuivanapidon suunnitteluun, kuten sallitut olosuhteet sekä tarvittaessa suojaus-, lämmitys- ja kuivausmenetelmät. Suunnittelussa on lisäksi varmistettava rakenteiden ja rakennusmateriaalien kestävyys rakennusaikaisissa olosuhteissa, rakennuskosteuden poisto rakenteista, tuuletusratkaisujen toimivuus odotettavissa olevissa olosuhteissa, perus- ja pintavesien vaatimat pihan muotoilut sekä sokkelin riittävä korkeus, pintamateriaalien toimivuus rakenteiden osana, rakenteiden ja niiden liitosten tiiveys ja suunnitteluratkaisujen yhteensovitus. (Rakentajain kalenteri 2012, 129.)

Suunnittelijoiden tehtävänä hankkeen kosteudenhallinnan osalta on osallistua hankkeen tavoitteiden asetteluun, identifioida oman alansa kriittiset tekijät (rakenne, LVIS yms.), osallistua riskien arviointiprosessiin, osallistua kosteusriskiluokan ja menettelytapojen määrittelyyn sekä edellä mainittujen asioiden huomioinnottaminen suunnittelussa (RIL 250-2011, 43).

Suunnitteluvaiheessa hankkeen kosteudenhallintasuunnitelmaan täydennetään mm. alustavilla rakenteiden kuivatus- ja työmaan olosuhdetavoitteilla tai vaatimuksilla. Suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma tulisi olla urakkatarjouspyyntöasiakirja. (RIL 250-2011, 36.)

### 4.3 Rakentamisvaihe ja kosteudenhallinta

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman perustan muodostavat rakennuttajan laatutavoitteet ja suunnittelijan laatima suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelma perustuu laadittuun riskikartoitukseen (riskiarvioon tai riskianalyysiin), jossa kohteen kosteustekniset riskit ja kriittiset laatutekijät identifioidaan. (RIL 250-2011, 95.) Käytännössä kuitenkin valitettavan usein kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen kaatuu kokonaan työmaan harteille.

Työmaan kosteudenhallinnan tulee olla luonnollinen osa työmaan työsuunnittelua ja laadunhallintaa, kun tavoitteena on hyvä ja vaatimustenmukainen rakennus. Työmaan kosteudenhallinnan tärkeimmät tavoitteet ovat estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen, varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ilman aikatauluviiveitä sekä vähentää kuivatustarvetta. (RIL 250-2011, 94.) Toisin sanoen työmaan tulee varmistua riittävän hyvistä kuivumisolosuhteista (lämmitys, suojaus, tuuletus) sekä suojata materiaalit ylimääräiseltä kastumiselta ja kosteudelle altistamiselta.

Työmaan kosteudenhallinta voidaan jakaa seuraaviin pääkohtiin:

- kosteusriskien kartoitus
- kuivumisaika-arviot
- olosuhdehallinta ja suojaus
- kosteus- ja tiiviysmittausuunnitelma
- organisointi, seuranta ja valvonta
- raportointi.

Kaikki edeltävät kohdat tulee kirjata työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan. Kosteusriskien oikea arviointi tulee perustua kohteen ominaispiirteiden selvittämiseen mm. suunnitelmien avulla. Kuivumisaika-arvioiden avulla työmaata ohjataan ottamaan huomioon eri rakenteiden vaatima kuivumisaika itse työmaa-aikataulussa. Työmaan olosuhteiden hallinnalla pyritään minimoimaan rakennusten kosteusriskit sekä varmistamaan, että kohteet voidaan toteuttaa suunnitelman

mukaisessa aikataulussa erilaisissa sääolosuhteissa. Olosuhteiden hallinnassa olennaisena osana ovat oikein tehdyt rakenteiden ja materiaalien suojaustoimenpiteet. Työmaan suojaus voidaan toteuttaa erillisillä sääsuojilla tai julkisivusuojilla. Kunnollisella suojauksella estetään tuotteiden vaurioituminen ja ulkonäöllisten ja muiden laatuvirheiden syntyminen sekä terveyshaittoja aiheuttavien mikrobikasvustojen syntyminen. Suojauksella parannetaan myös usein työskentelyolosuhteita, jolloin työmaan henkilöstön työmukavuus ja -tehokkuus paranevat, sairastumisalttius vähenee sekä työn laatu paranee. Varsinkin talvella liukkauden ja lumen tuoma lisäriski pienenee huomattavasti eikä työpäivän alussa enää tarvitse raivata työpistettä lumesta. (RIL 250-2011, 94.)

Kosteusmittaussuunnitelma tulee laatia siten, että mittauksin voidaan varmistua rakenteiden kuivumisesta suunnitelmien mukaan. Mittaussuunnitelma tulee ottaa huomioon jo työmaa-aikataulua suunniteltaessa, jotta mahdollisilta työmaata hidastavilta yllätyksiltä voidaan välttyä. (RIL 250-2011, 95.)

Uutena ohjeena työmaille olisikin siirtyminen vallitsevana käytäntönä olevasta kosteudenhallinnasta pikemminkin työmaan kuivanapitoon. Kuivassa rakentamisessa rakenteita ei päästetä missään kohtaa kastumaan, ja materiaalit suojataan kastumiselta tehtaalla, kuljetetaan kunnolla suojattuna, välivarastoidaan sääsuojissa tai muuten suojattuna sekä suojataan asennuksen aikana ja sen jälkeen, kunnes lopullinen vesikate ja rakennuksen vaippa ovat valmiit. Lisäksi rakentamisen menetelmistä johtuva kosteusrasitus pitää myös ottaa haltuun (betonointi, muuraus, rappaus sekä tasoite- ja maalaustyöt). (Rakentajain kalenteri 2012, 130.) tämän lisäksi rakenteet tulee pitää suunnitelluissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa asentamisen jälkeen. Lämmityksessä on hyvä ottaa huomioon eri menetelmien tuottamat kosteusrasitukset, esimerkiksi nestekaasulämmityksessä 1 kg kaasua tuottaa 1,6 kg vettä palaessaan. (Rakentajain kalenteri 2012, 130.)

## 5 KOSTEUDENHALLINTA SKANSKA OY:SSÄ

### 5.1 Kosteudenhallinnan lähtökohdat yrityksessä

Skanska Talonrakennus Oy:ssä kosteudenhallinta on osa yrityksen laatu järjestelmää. Lähiaikojen uutisointi työmaiden ja yritysten puutteellisesta kosteudenhallinnasta on saanut yritykset kiinnittämään entistä enemmän huomiota kosteudenhallinnan toteuttamiseen.

Skanska Talonrakennus Oy:n Varsinais-Suomen yksikössä toivottiin kosteudenhallinnan tilanteen tutkimusta, jonka kautta omia kosteudenhallintajärjestelmiä pystyttäisiin kehittämään. Nykytilanteesta oli aavistuksia, mutta siitä haluttiin tarkempaa tietoa. Kosteudenhallintasuunnitelmien täytössä oli havaittu puutteita ja huomioitu työmaiden keskittyvän enemmänkin vain rakenteiden kosteuksien mitailuun, eikä varsinaiseen ennakoivaan suunnitteluun.

Ensimmäiseksi päätettiin tehdä kyselylomake, jossa käsiteltiin kosteudenhallintasuunnitelmaa, työmaan kosteudenhallintavastaavaa, materiaalien varastointia ja suojaustoimenpiteitä sekä itse kosteudenhallintaprosessia (liite 1). Työmaat kierrettiin yksi kerrallaan ja haastateltiin työmaan johtoa asian tiimoilta.

Haastattelujen jälkeen pidettiin tilannekatsauspalaveri Turun alueen rakennuspäällikön ja laatupäällikön kanssa, jossa käytiin työmaakatselmusten tulokset läpi ja ryhdyttiin miettimään kehitysideoita tilanteen parantamiseksi.

### 5.2 Työmaakatselmukset

Skanska Talonrakennus Oy:n Turun alueella oli työmaakatselmusten aikana neljä työmaata käynnissä ja yksi juuri alkamassa. Työmaat olivat sekä omaa tuo-

tantoa että urakointikohteita. Kaikilla työmailla käytiin tarkistamassa kosteudenhallintasuunnitelmien tilanne ja haastateltiin työnjohtoa liitteen 1 mukaan. Työmaalla oli vastaamassa vastaava mestari ja muutama työnjohtaja.

Työmailla tarkistettiin kosteudenhallintasuunnitelmat, kosteusmittausuunnitelmat sekä niiden raportointi. Lisäksi työmaat kierrettiin ja tarkastettiin materiaalien varastointi työmaalla.

Varsinaisen haastattelun jälkeen keskusteltiin kosteudenhallinnan hyödyllisyydestä ja työmaiden omista kokemuksista kosteudenhallinnasta.

### 5.3 Työmaakatselmusten tulokset

Liitteessä 2 on työmaakatselmusten suorat tulokset, seuraavaksi niitä on avattu hieman.

Työmaakierron perusteella lähes kaikilla työmailla oli tehty kosteudenhallintasuunnitelma Skanskan omaan pohjaan. Vain vasta alkavalla työmaalla sekä Kuppitaan työmaalla kyseinen suunnitelma oli tekemättä. Kuitenkin tarkemman tarkastelun perusteella kosteudenhallintasuunnitelmat olivat hieman tynkiä.

Kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja oli nimetty vain kahdella työmaalla ja kosteusmittauspöytäkirjakin löytyi vain kahdelta työmaalta. Kaikilla työmailla oli kuitenkin tehty kosteusmittauksia asianmukaisesti ja mittaustuloksetkin olivat dokumentoitu selkeästi.

Materiaalien varastointia työmailla oli suunniteltu lähinnä suullisesti, eikä varsinaista suunnitelmaa ollut paperilla. Materiaalien toimitus oli suunniteltu myös lähinnä suullisesti työmaapalavereissa, mutta toteutettu kuitenkin niin, että materiaalit saapuivat työmaalle vasta, kun niitä tarvittiin.

Melkein kaikilla työmailla oli laskettu rakenteiden kuivumisaikoja Skanskan laskurilla. Haastatteluissa kerrottiin, että kuivumisaikojen kanssa ei ole ollut ollenkaan ongelmia, mutta myöhemmin selvisi, että joillain työmailla on ollut ongelmia joidenkin rakenteiden kuivumisen kanssa.

Suurimpana yllätyksenä tuli se, että melkein kaikilla työmailla ei ole edes tutustuttu Skanskan omiin kosteudenhallintaohjeisiin ja kosteudenhallintajärjestelmiin.

Vapaammista osioista työmailta tuli paljon palautetta, miten järjestelmiä pitäisi muuttaa ja miten koko kosteudenhallintaprosessia tulisi kehittää. Kehitystä toivottiin varsinkin kosteudenhallintaprosessiin. Sen tulisi alkaa jo suunnittelunohjauksessa ja ennenkin sitä, eikä vasta työmaalla.

#### 5.4 Kehitysideat

Saatujen vastausten pohjalta sekä tilannekatsauksen jälkeen ryhdyttiin pohtimaan mahdollisia kehitysideoita kosteudenhallinnan tason parantamiseksi ja työmaiden prosessin helpottamiseksi.

Skanskalla on käytössä verkkokoulu, joka kaikkien toimihenkilöiden tulee suorittaa. Verkkokoulussa on kursseja liittyen työmaan käytäntöihin, työnsuojeluun sekä muihin huomioon otaviin asioihin. Verkkokoulusta kuitenkin puuttuu kurssi, joka käsittelee kosteudenhallintaa. Ensimmäisenä kehitysideana onkin verkkokurssin tekeminen kosteudenhallinnasta. Sen tulisi sisältää tietoa yleisesti kosteudesta ja sen siirtymisestä rakenteissa, päärakennusmateriaalien kosteuskäyttäytymisestä sekä itse kosteudenhallintaprosessista. Lisäksi kurssissa tulisi olla työmaata hyödyttävää tietoa, kuten rakenteiden ja rakennusmateriaalien turvallisia varastointi- ja suojauskeinoja, rakenteiden kuivatuskeinoja sekä tyypillisten rakenneratkaisujen mahdolliset riskikohdat ja niiden ehkäisy.

Työmaakatselmusten aikana huomattiin, että kaikilla työmaan toimihenkilöillä ei ole edes tarkkaa käsitystä kosteuden hallinnan termeistä eikä itse kosteudenhallintaprosessista eikä siihen liittyvistä vaiheista. Toisena kehitysideana onkin työmaahenkilöstön tietoisuuden lisääminen pienillä tietoiskuilla, joita voitaisiin käsitellä viikkopalaverin yhteydessä. Jatkossa tietoiskuja voisi kehittää myös Skanskan henkilöstön oman Tiimi-lehden sivuille. Tätä kautta saataisiin tietoisuutta lisääntymään myös valtakunnallisesti yrityksen sisällä. Lehden tietoiskuissa voisi käyttää

esimerkkeinä omia työmaita, niiden mahdollisia virheitä ja puutteita sekä korjaus-ehdotuksia.

Työmailta saadun palautteen perusteella omia järjestelmiä toivottiin yksinkertaisemmiksi sekä helppokäyttöisimmiksi ja mahdollisimman lyhyiksi. Tästä kehitettiin idea niin sanotuista check-listoista. Listat olisivat hyvin lyhyitä, ja ne olisivat räätälöityjä tietyille Skanskan tukemille rakenneratkaisuille ja työmaan vaiheille. Listat sisältäisivät tyypillisiä kosteudenhallintaongelmia tietylle rakenteelle ja toimitus näin tarkastuslistana työmaan edetessä. Esimerkkinä listassa voisi olla listaus siitä, miten sandwich-elementit tulee suojata asennuksen aikana ja sen jälkeen. Listojen pohjalta voitaisiin opettaa myös uusia kokemattomampia mestareita erilaisten ratkaisujen vaikutuksesta kosteudenhallintaan ja kosteuden siirtymiseen rakenteissa. Työmaan kovassa kiireessä saattaa ammattitaitoiseltakin työnjohtajalta jäädä joitakin asioita ajattelematta, vaikka hän olisikin tietoinen niiden vaikutuksesta. Check-listan täytöllä voitaisiin varmistaa, että kaikki tärkeät asiat on muistettu tehdä, ja näin pystytään takamaan entistä parempi laatu.

Viimeisimpänä kehitysideana olisi yrityksen hankinta- ja suunnitteluosaston herättely kosteudenhallinta-asioiden kannalta. Valitettavan usein kosteudenhallintaprosessia ei oteta käyttöön rakentamisprosessin alussa, vaan se jää usein työmaan tehtäväksi. Hankinta- ja suunnitteluosaston toimintatapoihin pitäisi saada lisättyä kosteudenhallintasuunnitelman alkuvalmistelut sekä tilaajan määrittämien raja-arvojen kirjaaminen ylös ja varmistus siitä, että suunnittelussa valittaisiin kosteudenhallinnan kannalta optimaalisia rakenteita ja ratkaisuja.



## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö onnistui mielestäni hyvin ja se saavutti ne tavoitteet, jotka sille asetettiin. Opinnäytetyöhön saatiin kerättyä kattavasti tietoa kosteudenhallinnasta ja siihen liittyvistä asioista. Kehitysideat kosteudenhallinnan parantamiseen Skanskassa saivat kiitosta yrityksen rakennus- ja laatupäälliköltä. Kehitysideat olivat hyvin toteutuskelpoisia, ja niitä lähdetäänkin tekemään opinnäytetyön lopputulosten pohjalta. Varsinkin Kosteudenhallinta-verkkokurssin tekeminen Skanskan omaan intraan sai paljon positiivista palautetta ja se otettiin heti työlístalle.

Työtä olisi pystytty parantamaan lisäämällä työmaiden määrää ja tekemällä tarkastuksia työmaiden eri vaiheissa sekä tutustumalla paremmin joka projektin kulkuun, mutta siihen ei ollut nyt resursseja.

Kaiken kaikkiaan koen opinnäytetyö prosessiin onnistuneeksi.

## LÄHTEET

Björkholz, D. ja Rakennustieto Oy. 1997. Lämpö ja kosteus-Rakennustekniikka. 2. painos Helsinki: Rakennustieto Oy.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Puuinfo 2013. Kosteusteknisiä ominaisuuksia. Viitattu 5.2.2014, <http://www.puuinfo.fi/puu-materiaalina/kosteusteknisia-ominaisuuksia>.

Rakentajain kalenteri. 2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakentajain kalenteri. 2002. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakentajain kalenteri. 2005. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakentajain kalenteri. 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RIL 250-2011. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Viitanen, H. 2004. Betonin ja siihen liittyvien materiaalien homehtumisen kriittiset olosuhteet- betonin homeenesto. VTT Working Papers 6. Espoo: VTT.

Wikipedia. Mineraalivilla. Viitattu 5.2.2014, <https://fi.wikipedia.org/wiki/Mineraalivilla>.



3.3.2014

Työmaan kosteudenhallinta- kysely

Työmaa:

Työnumero:

1. Onko työmaalla tehty kosteudenhallintasuunnitelma?  
-
2. Onko työmaalla nimetty kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja?  
-
3. Onko työmaalla tehty kosteusmittausuunnitelma ja onko sitä noudatettu?  
-
4. Onko materiaalien varastointi suunniteltu?  
-
5. Onko työmaalla laskettu rakenteiden kuivumisaika-arvioita?  
-
6. Onko työmaalla suunniteltu materiaalien toimitus työmaalle siten, että materiaalit asennetaan mahdollisimman nopeasti ja kuivana paikalleen?  
-
7. Onko kuivumisaikojen kanssa ollut ongelmia? Jos on, miksi?  
-
8. Onko työmaan aikataulun kanssa ollut ongelmia, jotka johtuvat puutteellisesta kosteudenhallinnasta? Jos on, minkälaisia ongelmia?  
-
9. Onko työmaalla saatavissa riittävästi ohjeita kosteudenhallinnan toteuttamiseen?  
-
10. Miten omia kosteudenhallintajärjestelmiä on pystytty hyödyntämään?  
-
11. Minkälaisia muutoksia työmaalla toivottaisiin omiin järjestelmiin?  
-
12. Vapaa sana ja palaute

SISÄINEN



3.3.2014

Työmaan kosteudenhallinta- kysely

Työmaa: As Oy Turun Androksenranta

Työnumero: 5212.2296

1. Onko työmaalla tehty kosteudenhallintasuunnitelma?
  - on
2. Onko työmaalla nimetty kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja?
  - on
3. Onko työmaalla tehty kosteusmittausuunnitelma ja onko sitä noudatettu?
  - on
4. Onko materiaalien varastointi suunniteltu?
  - on
5. Onko työmaalla laskettu rakenteiden kuivumisaika-arvioita?
  - on
6. Onko työmaalla suunniteltu materiaalien toimitus työmaalle siten, että materiaalit asennetaan mahdollisimman nopeasti ja kuivana paikalleen?
  - On. Pintamateriaalit toimitus kerroksittain. Väliseinämateriaalit suojattu.
7. Onko kuivumisaikojen kanssa ollut ongelmia? Jos on, miksi?
  - Ei ollut ongelmia. Kipsilattiat
8. Onko työmaan aikataulun kanssa ollut ongelmia, jotka johtuvat puutteellisesta kosteudenhallinnasta? Jos on, minkälaisia ongelmia?
  - Ei ole. Runko tehtiin kesällä.
9. Onko työmaalla saatavissa riittävästi ohjeita kosteudenhallinnan toteuttamiseen?
  - on ollut
10. Miten omia kosteudenhallintajärjestelmiä on pystytty hyödyntämään?
  - Varikolta vuokrattu kosteudenpoistajia. Takuu osaston kosteusmittaukset.
11. Minkälaisia muutoksia työmaalla toivottaisiin omiin järjestelmiin?
  - Rakennetyyppien kehittäminen. Kipsilattian käyttöön kannustaminen.
12. Vapaa sana ja palaute

SISÄINEN

# SKANSKA

3.3.2014

## Työmaan kosteudenhallinta- kysely

Työmaa: Liedon Asunnot Oy/ Saukonoja 4

Työnumero: 5214.2305

1. Onko työmaalla tehty kosteudenhallintasuunnitelma?
  - On, virallinen täytetty hyvin
2. Onko työmaalla nimetty kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja?
  - Ei virallisesti, epävirallisesti on
3. Onko työmaalla tehty kosteusmittausuunnitelma ja onko sitä noudatettu?
  - Mittausuunnitelmaa ei ole vielä tehty, keskusteltu kyllä asioista
4. Onko materiaalien varastointi suunniteltu?
  - Ei ihmeemmin, kerroksiin
5. Onko työmaalla laskettu rakenteiden kuivumisaika-arvioita?
  - On laskettu, alapohja suurin ongelma
6. Onko työmaalla suunniteltu materiaalien toimitus työmaalle siten, että materiaalit asennetaan mahdollisimman nopeasti ja kuivana paikalleen?
  - Osittain
7. Onko kuivumisaikojen kanssa ollut ongelmia? Jos on, miksi?
  - Ei ole vielä ainakaan, alapohjan kanssa ehkä
8. Onko työmaan aikataulun kanssa ollut ongelmia, jotka johtuvat puutteellisesta kosteudenhallinnasta? Jos on, minkälaisia ongelmia?
  - Ei ole
9. Onko työmaalla saatavissa riittävästi ohjeita kosteudenhallinnan toteuttamiseen?
  - On
10. Miten omia kosteudenhallintajärjestelmiä on pystytty hyödyntämään?
  - Kuivumisaikoja laskettu yms.
11. Minkälaisia muutoksia työmaalla toivottaisiin omiin järjestelmiin?
  - Käyttäjystävällisimpiä, helppoja, kohteisiin räätälöityjä
12. Vapaa sana ja palaute

SISÄINEN

# SKANSKA

3.3.2014

Työmaan kosteudenhallinta- kysely

Työmaa: 5214.2302

Työnumero: As Oy Kupittaaan Peippo

1. Onko työmaalla tehty kosteudenhallintasuunnitelma?
  - Ei
2. Onko työmaalla nimetty kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja?
  - Ei
3. Onko työmaalla tehty kosteusmittausuunnitelma ja onko sitä noudatettu?
  - Mittauksia on tehty, suunnitelmaa ei. Koepaloja otettu joka kylppäristä, Aliurakoitsija Teppman tehnyt mittauspyötkirjat kolme kph per kerros märkätiloista.
4. Onko materiaalien varastointi suunniteltu?
  - On, ei paperia
5. Onko työmaalla laskettu rakenteiden kuivumisaika-arvioita?
  - Ei
6. Onko työmaalla suunniteltu materiaalien toimitus työmaalle siten, että materiaalit asennetaan mahdollisimman nopeasti ja kuivana paikalleen?
  - Toimitukset kerroksittain
7. Onko kuivumisaikojen kanssa ollut ongelmia? Jos on, miksi?
  - Ei
8. Onko työmaan aikataulun kanssa ollut ongelmia, jotka johtuvat puutteellisesta kosteudenhallinnasta? Jos on, minkälaisia ongelmia?
  - Ei
9. Onko työmaalla saatavissa riittävästi ohjeita kosteudenhallinnan toteuttamiseen?
  - Ei ole katsottu,
10. Miten omia kosteudenhallintajärjestelmiä on pystytty hyödyntämään?
  - Ei ole hyödynnetty, sähköä kuluu ja läpituuletus
11. Minkälaisia muutoksia työmaalla toivottaisiin omiin järjestelmiin?
  - Helpokkäyttöisyys, selkeä pohja, yksinkertaistettu, mahd vähän välilehtiä, olennaisia asioita, esim. yksi A3. Mitä vähemmän paperia, sitä parempi

SISÄINEN



3.3.2014

**Työmaan kosteudenhallinta- kysely**

Työmaa: As Oy Raison Valonsäde

Työnumero: 5213.2295

1. Onko työmaalla tehty kosteudenhallintasuunnitelma?
  - On, valmiille pohjalle
2. Onko työmaalla nimetty kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja?
  - On
3. Onko työmaalla tehty kosteusmittausuunnitelma ja onko sitä noudatettu?
  - On, kaks pistettä per kerros, lattiat ja seinät
4. Onko materiaalien varastointi suunniteltu?
  - Osittain
5. Onko työmaalla laskettu rakenteiden kuivumisaika-arvioita?
  - Välipohjia laskettu + kph lattioita
6. Onko työmaalla suunniteltu materiaalien toimitus työmaalle siten, että materiaalit asennetaan mahdollisimman nopeasti ja kuivana paikalleen?
  - Ikkunat ja kipsit+mahd. paljon suoraan käyttöön
7. Onko kuivumisaikojen kanssa ollut ongelmia? Jos on, miksi?
  - Alpohja, kuivuu vain yhteen suuntaan, ei viivästystä
8. Onko työmaan aikataulun kanssa ollut ongelmia, jotka johtuvat puutteellisesta kosteudenhallinnasta? Jos on, minkälaisia ongelmia?
  - Ei viivästyksiä aiheuttavia
9. Onko työmaalla saatavissa riittävästi ohjeita kosteudenhallinnan toteuttamiseen?
  - Ei ole koskaan katsonut
10. Miten omia kosteudenhallintajärjestelmiä on pystytty hyödyntämään?
  - Kosteudenhallintasuunnitelma pohja tuttu muuten ei
11. Minkälaisia muutoksia työmaalla toivottaisiin omiin järjestelmiin?
  - Jaa a
12. Vapaa sana ja palaute
  - Ei lisättävää. Sääsuoja toivottu, raha ongelma.

SISÄINEN

# SKANSKA

3.3.2014

Työmaan kosteudenhallinta- kysely

Työmaa: Naantali, vasta alkamassa

Työnumero: xxxx.xxxx

1. Onko työmaalla tehty kosteudenhallintasuunnitelma?
  - Ei (vielä), täytetään kokoajan
2. Onko työmaalla nimetty kosteudesta vastaava työnjohtaja?
  - Ei (vielä)
3. Onko työmaalla tehty kosteusmittausuunnitelma ja onko sitä noudatettu?
  - Ei (vielä)
4. Onko materiaalien varastointi suunniteltu?
  - On, ei paperia
5. Onko työmaalla laskettu rakenteiden kuivumisaika-arvioita?
  - Ei (vielä)
6. Onko työmaalla suunniteltu materiaalien toimitus työmaalle siten, että materiaalit asennetaan mahdollisimman nopeasti ja kuivana paikalleen?
  - Ei
7. Onko kuivumisaikojen kanssa ollut ongelmia? Jos on, miksi?
  -
8. Onko työmaan aikataulun kanssa ollut ongelmia, jotka johtuvat puutteellisesta kosteudenhallinnasta? Jos on, minkälaisia ongelmia?
  -
9. Onko työmaalla saatavissa riittävästi ohjeita kosteudenhallinnan toteuttamiseen?
  - On
10. Miten omia kosteudenhallintajärjestelmiä on pystytty hyödyntämään?
  -
11. Minkälaisia muutoksia työmaalla toivottaisiin omiin järjestelmiin?
  - Samat planketit saisi olla käytössä myös rakennuttamis organisaatiossa. Prosessi pitäisi saada käyntiin jo suunnitteluvaiheessa.
12. Vapaa sana ja palaute

SISÄINEN